Editorial
On line

SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Biogeomorfologia: de Darwin al futur

Heather Viles

Exactament el dia d'avui, en què començ a embastar els primers paràgrafs d'aquesta editorial, nasqué dos-cents anys enrere, el 12 de febrer de 1809 a Shrewsbury (Anglaterra), Charles Darwin. És en relació a aquesta efemèride que, arreu i durant el 2009, es celebraran un bon nombre d'activitats i esdeveniments per commemorar les contribucions de Darwin a la Història Natural, la Biologia i les Ciències de la Terra. Així doncs, no vull deixar passar l'oportunitat de sumar-me en aquesta commemoració amb una modesta contribució a propòsit del passat, el present i el futur de la Biogemorfologia.

Què és la Biogeomorfologia?

La Biogeomorfologia té per objecte l'estudi de les múltiples mútues interrelacions entre l'ecologia i la geomorfologia (Viles, 1998; Viles *et al.*, 2008). Aquestes interaccions impliquen co-ajusts mutus entre formes i processos que operen a un ample ventall d'escales temporals i espacials. El camp d'estudi de la Biogeomorfologia abraça de les interaccions a microescala entre els fongs i l'alteració del rocam (Etienne, 2002), l'erosió de les costes rocoses per organismes brostejadors com els gasteròpodes (Fornós *et al.*, 2006) o, fins i tot en el marc d'unes escales espacials i temporals força més grans, les interrelacions entre certs tipus d'arbres i la dinàmica fluvial (Gurnell i Petts, 2006), o fint i tot, la respectiva influència entre la vegetació i els paisatges fluvials (Collins *et al.*, 2004) o els eòlics (Hugenholtz i Wolfe, 2005). Alguns dels estudis més fascinants a l'entorn de la biogeomorfologa han abordat el paper en la gènesi geomòrfica d'elements del relleu–paisatge com els *mima mounds* (són túmuls uniformement distribuïts de terra aproximadament 1-3 m d'alt que es troben en diversos llocs al món. La seva edat o origen és encara desconegut. S'han proposat diverses teories: que són els túmuls d'enterrament de les poblacions amerindies o prehistòriques, romanents d'activitat glacial, interaccions del

terra amb vibracions de terratrèmol, o l'acció acumulativa d'organismes excavadors o uns altres animals que fan un cau durant un període llarg de temps), el *brousse tigrée* (una estructura de vegetació constituïda per una successió regular de bandes d'arbust o de plantes herbàcies separades per bandes de sòl nu o de poca cobertura herbàcia, que se distribuieixen de forma paral·lela a les corbes del nivell del terreny) o els *beaver dams* (monticles de fusta i branques que realitzen els castors als rius) (e.g. Butler i Malanson, 2005); axí com d'altres s'han centrat en processos com la bioturbació (e.g. Gabet, 2000). Les aproximacions al fenòmens biogeomorfològics parteixen de l'experimentació al camp, la modelització numèrica o de l'estudi de conjunts de dades paleoambientals a l'hora de caracterizar dinàmiques d'abast temporal llarg. De cada cop més, es fa palès que la geomorfologia adopta continguts, dimensions i formes tost més biogeomorfolòques. Tant és així, que un cop d'ull a les publicacions de referència de la geomorfologia (*Geomorphology, Earth Surface Processes and Landforms* i *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*) posa de manifest que els geomorfòlegs introdueixen com a variables en les seves anàlisi variables de tipus ecològic. D'altra banda, la tendència paral·lela a les publicacions de referència de l'Ecologia és menys palesa.

Els orígens de la Biogeomorfologia

L'interès per les interaccions entre la geomorfologia i els processos ecològics emergeix a les darreries del segle XVIII, principis del XIX, quan els naturalistes no coneixien o no entenien l'existència de límits reals entre diferents disciplines, situació que resultava en l'estudi holístic d'un ventall amples d'aspectes biòtics i abiòtics del medi natural. Charles Lyell i Archibald Geikie, per exemple, discutiren la influència dels processos geomòrfics i el seu paper bioprotectiu (Carter i Viles, 2005). Lyell (1835, p. 175) ja apuntà "...l'activitat dels organismes, així con el creixement de certes plantes, en el modelat superficial del relleu"; així mateix Geike (1893, p. 475) revisà i amplià els efectes de la vegetació en el rocam: "... als tròpics, els manglars creixen a la franja costanera, i solsament no protegeixen les terres emergides, sinó que hi aporten la seva superfície, tot formant i ampliant un cordó al·luvial costaner".

Charles Darwin, fou l'artífex d'algunes de les contribucions essencials en aquest camp de la Història Natural. Les seves observacions durant les exploracions a bord del Beagle, foren de gran importància. Valgui d'exemple la seva descripció dels efectes de protecció de les barres a la desembocadura del Port de Pernambuco al Brassil. Darwin les definí com "parets de pedra" i anotà "que la seva configuració temporal era molt curiosa en relació a la seva gènesi. Es tractava d'uns acúmuls, de pocs centímetres de gruix, de material carbonatat, formats en la seva totalitat pel creixement successiu i l'acumulació de restes esquelètiques de serpúlids, alguns cirrípedes i nul·lipòrids (Darwin, 1846; p. 302). Tanmateix, la principal contribució de Darwin a la Biogeomorfologia fou el llarg experiment que desenvolupà a propòsit dels cucs de terra i que va incloure al seu darrer llibre científic, "*The formation of vegetable mould through the action of worms, with observations on their habits*" publicat el 1881. En el cinquè capítol d'aquest llibre, Darwin assaja uns càlculs ben interessants a l'entorn del paper dels cucs en la denudació, tot partint del procés de trituració on el sediments són empassats i excretats després de passar pel

tracte intestinal dels cucs. No és gens fora assenyat afirmar que aquesta obra constitueix la primera publicació realment biogeomorfològica.

La Biogeomorfologia avui: continguts i problemes

D'ençà de la deixa del llibre de Charles Darwin de 1881, han hagut de passar quasi bé un centenar llarg d'anys, perquè els geomorfòlegs tornin a reprendre la recerca biogeomorfològica seriosament (Viles, 1988; Thornes, 1990). De llavors ençà s'ha fet palès un creixement inexorable en el nombre d'articles científics i investigadors que treballen en aquesta branca del coneixement. Al segle XXI, vàries publicacions periòdiques d'àmbit internacional han dedicat els seus volums especials a reunions, congressos i treballs de temàtica biogeomorfològica (i.e. Naylor *et al.*, 2002; Urban i Daniels, 2006, Renschler *et al.*, 2007). Aquests aplecs de treballs són un bon punt de partida per tal d'avaluar quin és l'estat de la Biogeomorfologia a l'actualitat. Tanmateix, tots ells posen de manifest el notable potencial i la importància d'introduir les troballes de la biogeomorfologia en la gestió ambiental per tal de respondre als canvis ambientals i l'evolució dinàmica dels usos del sòl. Paral·lelament, també es constaten alguns canvis importants, que prenen cos en una major comunicació i col·laboració interdisciplinària; o bé en la selecció de les escales d'investigació apropiades per aquests processos i interaccions que actuen amb diferents ordres de magnitud i a diferents escales. El potencial de la biogeomorfologia és tan abassegador que ecòlegs i geomorfòlegs estan obligats a retrobar-se i treballar conjuntament (llegiu al respecte i a tall d'exemple l'interessant assaig de Molau, 2008).

Darwin i la biogeomorfologia contemporània

Algunes de les innovacions i treballs més engrescadors de la biogeomorfologia arrenquen de les troballes recents a l'ecologia i la biologia evolutiva hereves del llegat de Darwin. De fet, de cada cop és més evident la necessitat de perspectives més holístiques en la natura co-evolutiva dels sistemes geomòrfics i ecològics, i l'abandó d'aquelles aproximacions més simples. En el cor d'aquest enfocament s'hi troba el concepte d'enginyeria ecològica en el sentit que els organismes juguen un paper essencial en l'ecologia com agents en la modificació-transformació dels seus propis hàbitats (Reichmann i Seabloom, 2002). L'extensió d'idees procedents de l'enginyeria d'ecosistemes a la construcció de nínxols –on es posa més èmfasi en el paper de l'atzar en la supervivència de l'organisme– o bé en l'extensió del fenotip –l'expressió fenotípica d'un gen fora del cos de l'organisme– aboca a considerar la possibilitat de lligams evolutius entre els sistemes geomòrfics i els ecològics (Corenblit *et al.*, 2007). Són varis els treballs recents que comencen a explorar aquests camps i l'aplicació dels nous conceptes (Corenblit *et al.*, 2007; 2008; Phillips, 2006; 2009). A tall d'exemple, escau citar Corenblit *et al.* (2007, p. 2072) qui afirma que "certs tipus de paisatges són més fàcils d'explicar com una extensió física de la selecció natural de processos o, en uns altres termes, com una successió biogeomòrfica". En aquest sentit, el llegat de la Teoria de l'Evolució de Darwin pot

esdevenir el motor d'un avanç significatiu de la biogeomorfologia; un avanç en el qual els ecòlegs estan convidats a desenvolupar-hi un paper important.

Biogeomorphology: From Darwin to future evolution

Exactly two hundred years ago to the day on which I am writing this editorial, Charles Darwin was born in Shrewsbury, England on February 12th, 1809. During 2009 a large number of events around the world are celebrating Darwin's contribution to natural history, biology and earth sciences and I take this opportunity to add to these commemorative activities by evaluating his contribution to biogeomorphology past, present and future.

What is biogeomorphology?

Biogeomorphology focuses on investigating the multiple, two-way interrelations between ecology and geomorphology (Viles, 1988; Viles *et al.*, 2008). Such interactions involve mutual co-adjustments of form and process occurring over a wide range of spatial and temporal scales. Topics of interest to biogeomorphology range from small scale interactions such as those between fungi and rock weathering (Etienne, 2002), and grazing organisms and rocky coastal erosion (Fornós *et al.*, 2006) through larger scale interactions such as those between woody plants and river systems (Gurnell and Petts, 2006), up to considerations of interactions over entire fluvial (Collins *et al.*, 2004) and aeolian landscapes (Hugenholtz and Wolfe, 2005). Some fascinating biogeomorphological studies have focused on the production and geomorphic importance of bio-landforms such as mima mounds, brousse tigré or beaver dams (e.g. Butler and Malanson, 2005), whilst others have focused more on biogeomorphic processes such as bioturbation (e.g. Gabet, 2000). Approaches to biogeomorphic topics include field monitoring, laboratory and field experimentation, numerical modelling and the use of palaeo-environmental datasets to investigate longer term dynamics. Increasingly, it appears that most geomorphology is becoming biogeomorphological in some shape or form. Browsing through recent issues of some of the key geomorphology journals (such as Geomorphology, Earth Surface Processes and Landforms and Journal of Geophysical Research: Earth Surface) it is clear that increasing numbers of geomorphologists are considering vegetation and other ecological variables in their work. A parallel trend in ecological journals is much less clear, perhaps suggesting less of a commitment to biogeomorphological work on the part of ecologists.

Origins of biogeomorphology

Interest in interactions between geomorphic and ecological processes emerged in the late 18th and early 19th century when natural historians knew no real disciplinary boundaries, allowing them to study in an unfettered way a wide range of biological and

physical aspects of the natural environment. Charles Lyell and Archibald Geikie, for example, both discussed the influences of plants on geomorphic processes, especially in terms of their bioprotective role (Carter and Viles, 2005). Lyell (1835, p. 175) noted the '…agency of organic beings, as when the growth of certain plants covers the slope of a mountain with peat…', whilst Archibald Geikie (1893, p.475) reviewed a wide range of vegetation impacts on surficial geology, including: '… In tropical countries, the mangrove grows along the sea-margin, and not only protects the land, but adds to its breadth, by forming and increasing a maritime alluvial belt'.

Charles Darwin made many key contributions to this area of natural history also. His observations during the voyage of the Beagle were of great importance, as summarised in his description of the protective bar at the mouth of Pernambuco harbour, Brazil. He called it a 'wall of stone' and noted 'This durability is much the most curious fact in its history: it is due to a tough layer, a few inches thick, of calcareous matter, wholly formed by the successive growth and death of the small shells of Serpulae, together with some few barnacles and nulliporae' (Darwin, 1846, p. 302). Darwin's major contribution to biogeomorphology, however, came with his patient, long-term experiments carried out back at his home in Down House on the role of earth worms, in which he tested the role of worms in soil formation through the process of bioturbation (Meysman *et al.*, 2006). The results, and discussion of the wider significance of earthworm activity, were included in his last scientific book ('The formation of vegetable mould through the action of worms, with observations on their habits' published in 1881). In chapter 5 of this book, Darwin makes some interesting calculations of the role of worms in denudation, through the process of 'trituration' where sediment becomes worn down through its passage through the digestive tract of worms. It is probably no understatement to say that this book represents the first truly biogeomorphological publication.

Biogeomorphology today – themes and issues

Following Charles Darwin's 1881 book, it took over a hundred years for geomorphologists to start taking biogeomorphology seriously again, as summarised in Viles (1988) and Thornes (1990). Since then, there has been an inexorable growth in the number of papers and researchers committed to this area. In the 21st century, several special issues of journals have been devoted to papers from biogeomorphologically-themed conferences and meetings (see Naylor *et al.*, 2002; Urban and Daniels, 2006, Renschler *et al.*, 2007, for example). These collections of papers are a good starting point from which to make an assessment of the state of biogeomorphology today. All point to some key themes – notably the potential importance of insights from biogeomorphology for improving environmental management, for responding to environmental change and coping with land-use dynamics. However, all also raise some key challenges – particularly the difficulties of interdisciplinary communication and collaboration, the problems of dealing with processes and interactions which work across multiple scales and finding an appropriate scale for investigation. There is also clearly huge potential for misunderstanding on both the part of ecologists and geomorphologists about what each one can offer (see the penetrating comments of Molau, 2008, for example).

Darwin and today's biogeomorphology

Some of the most exciting and innovative work in biogeomorphology today springs from recent work in ecology and evolutionary biology which builds on Charles Darwin's evolutionary ideas. Instead of simply looking at limited combinations of process interactions, there is an increasing focus on looking more holistically at the co-evolutionary nature of geomorphic and ecological systems. At the heart of this work is the concept of ecosystem engineering, whereby some organisms play a particularly important role in ecology through modifying habitats (e.g. Reichmann and Seabloom, 2002). Extensions of the ideas of ecosystem engineering to 'niche construction' (where the engineering confers more chance of survival to the organism) and the 'extended phenotype' (the phenotypic expression of a gene outside the organism's body) lead to considerations of the possibility of evolutionary linkages between geomorphological and ecological systems (Corenblit *et al.*, 2007). Several recent papers have started to grapple with these ideas (eg Corenblit *et al.,* 2007, 2008; Phillips, 2006, 2009). As Corenblit *et al.* (2007, p. 2072) put it '…certain landforms may be better explained as a physical extension of natural selection processes or as a 'biogeomorphic succession'. Thus, Darwin's legacy of evolutionary ideas may provide the impetus for an evolving biogeomorphology, and one in which ecologists play a fuller role.

Heather Viles
School of Geography and the Environment, University of Oxford, Oxford, England, OX1 3QY (heather.viles@ouce.ox.ac.uk)

Bibliografia / References

Butler, D.R., Malanson, G.P. 2005. The geomorphic influences of beaver dams and failures of beaver dams. Geomorphology 71, 48-60

Carter, N.E.A. and Viles, H.A. 2005. Bioprotection explored: the story of a little known earth surface process. Geomorphology 67, 273-281

Collins, D.B.G., Bras, R.L., Tucker, G.E. 2004. Modelling the effects of vegetation-erosion coupling on landscape evolution. Journal of Geophysical Research 109, DOI: 10.1029/2002JF000028

Corenblit, D., Steiger, J., Gurnell, A., Tabacchi, E. 2007. Darwinian origin of landforms. Earth Surface Processes and Landforms 32. 2070-3.

Corenblit, D., Gurnell, A.M., Steiger, J., Tabacchi, E. 2009. Reciprocal adjustments between landforms and living organisms: Extended geomorphic evolutionary insights. Catena 73, 261-73.

Darwin, Ch. 1846. Journal of researches in the natural history and geology of the countries visited during the voyage of HMS Beagle round the world, under the command of Captain FitzRoy, RN. Harper and Brothers, New York

Etienne, S. 2002. The role of biological weathering in periglacial areas: a study of weathering rinds in south Iceland. Geomorphology 47, 75-86.

Fornós, J.J., Pons, G.X., Gómez-Pujol, L, Balaguer, P. 2006. The role of biological processes and rates of downwearing due to grazing organisms on Mallorca carbonate rock coast (Western Mediterranean). Zeitschrift für Geomorphologie NF Supplement Band 144, 161-181

Gabet, E.J. 2000. Gopher bioturbation: Field evidence for non-linear hillslope diffusion. Earth Surface Processes and Landforms 25, 1419-1428.

Geikie, A. 1893 Text-book of Geology. Macmillan and Co: London

Gurnell, A.M., Petts, G.E. 2006. Trees as riparian engineers: the Tagliamento river, Italy. Earth Surface Processes and Landforms 31, 1558-74

Hugenholtz, C.H., Wolfe, S.A. 2005. Biogeomorphic model of dunefield activation and stabilization in the northern Great Plains. Geomorphology 70, 53-70.

Lyell, C. 1835 Principles of geology (4th edition). Charles Murray

Meysman, F.J.R., Middelburg, J.J., Heip, C.H.R. 2006 Bioturbation: a fresh look at darwin's last idea. TRENDS in Ecology and Evolution 21, 688-695

Molau, U. 2008. On the interface between ecology and geomorphology. Norsk Geografisk Tidsskrift – Norwegian Journal of Geography. 62, 52-4

Naylor, L.A., Viles, H.A., Carter, N.E.A. 2002. Biogeomorphology revisited: looking towards the future. Geomorphology 47, 3-14.

Phillips, J.D. 2009. Soils as extended composite phenotypes. Geoderma 149, 143-51.

Reichman, O.J., Seabloom, E.W. 2002. The role of pocket gophers as subterranean ecosystem engineers. TRENDS in Ecology and Evolution. 17, 44-9.

Renschler, C.S., Doyle, M.W., Thoms, M. 2007. Geomorphology and ecosystems: Challenges and keys for success in bridging disciplines. Geomorphology 89, 1-8

Thornes, J.B. (Edit). Vegetation and erosion: processes and environments. Chichester: Wiley.

Urban, M.A., Daniels, M. 2006. Introduction: exploring the links between geomorphology and ecology. Geomorphology 77, 203-206.

Viles, H.A. (Edit) 1988. Biogeomorphology. Oxford: Blackwell.

Viles, H.A., Naylor, L.A., Carter, N.E.A., Chaput, D. 2008. Biogeomorphological disturbance regimes: progress towards linking ecological and geomorphological systems. Earth Surface Processes and Landforms 33, 1419-1435.